

Produire un café marchand de qualité n'est pas aisé : à toutes les étapes de la production, une quinzaine de paramètres différents interviennent dans le façonnement des caractéristiques physiques, chimiques et surtout organoleptiques des graines.

Plantations vous propose une analyse de ces paramètres et quelques conseils techniques pour mieux les maîtriser.

La qualité du café

**ses causes,
son appréciation,
son amélioration**

Barel M., Jacquet M.

CIRAD-CP, Chimie-technologie, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France.

Cet article s'adresse aux acteurs de la filière café désireux de présenter sur le marché un produit de qualité : une garantie de débouchés à un prix rémunérateur.

Les facteurs intervenant dans la qualité du café

Les facteurs génétiques et l'effet terroir seront mentionnés pour mémoire, étant entendu que ni le choix variétal, ni le sol ne sont à remettre en cause. Seul le souci de produire un café aussi bon que possible, avec la plantation dont on dispose, sera appuyé ici.

L'origine génétique

Les deux espèces les plus cultivées sont : l'Arabica, avec une douzaine de variétés différentes et le Canephora, principalement avec la variété Robusta. L'Arabica possède des caractéristiques organoleptiques fines, il est aromatique, agréablement acide et présente généralement peu de corps. Le Robusta, plus corsé, est moins aromatique et peu acide. Il est éga-

lement plus âpre et plus amer. Sa teneur en caféine (2,5 %) est plus élevée que celle de l'Arabica (1,5 %).

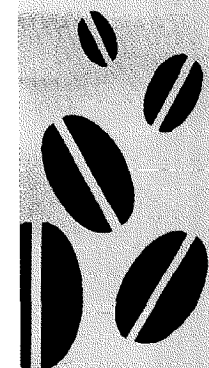
L'effet terroir

Les conditions générales de la culture interviennent dans la biosynthèse des précurseurs d'arôme. On sait par exemple que plus le café mûrit lentement, plus l'intensité des qualités organoleptiques est élevée. Ce phénomène semble à l'origine de la finesse et de l'acidité des cafés de haute altitude.

L'ensoleillement, la pluviosité, la nature des sols modifient la composition quantitative des constituants organiques et minéraux. Ces paramètres nombreux sont difficilement maîtrisables. Mais leur connaissance est un élément de prévision des qualités potentielles d'un café.

Les attaques d'insectes et cryptogamiques

Les attaques de scolytes (*Stephanoderes hampei*), de punaises (*Antestia*) etc. fragilisent la fève, diminuent la densité des cerises et peuvent donner des grains pi-



Les implications de la qualité de la récolte sur les rendements et la qualité du café Effects of the harvest quality on coffee yields and quality

		Vertes/Green	Jaunes/Yellow	Rouges/Red	Brunes/Brown
1er passage / 1st round	(t0)	-	-	★★★	★★★
2 ^{ème} passage / 2nd round	(t0 + 21)	-	-	★★★	★★
3 ^{ème} passage / 3rd round	(t0 + 42)	-	★★	★★★	-
4 ^{ème} passage / 4th round	(t0 + 63)	-	★★★	★★★	-

qués au goût defectueux (surtout sensible avec les Canephora de la variété Kouillou). Certains insectes (dont la mouche *Ceratitis coffeae*) introduiraient dans les fèves des bactéries responsables du goût de pomme de terre, que l'on peut détecter dans certains Arabica du Burundi, du Kenya, du Rwanda et de la Tanzanie. La molécule responsable de ce goût a été identifiée comme étant la méthoxy-2-isopropyl-3-pyrazine.

L'anthracnose des baies provoque le dessèchement des fruits, à l'origine de fèves avariées et de fèves sèches trouvées dans le café vert.

L'effet des pesticides et des engrais

Certains pesticides peuvent communiquer des goûts et des odeurs désagréables. C'est le cas du HCH technique, dont l'isomère a donne un goût de moisi prononcé.

Un excès d'engrais potassique peut conduire à des boissons plus dures. Le Kenya, où l'utilisation d'engrais vert est très développée, a connu ce problème par une introduction excessive de *Pennisetum purpureum*, riche en potassium. Un apport trop abondant d'engrais azoté augmente la teneur en caféine dans les grains, ce qui conduit à une amertume plus marquée dans la boisson.

Qualité de la récolte

La récolte est une étape essentielle pour la qualité du café.

Dans la très grande majorité des pays producteurs, elle est pratiquée manuellement. Pour obtenir une bonne qualité, le café devrait être cueilli cerise par cerise afin de ne récolter que les fruits mûrs. Mais cette pratique exige une main d'œuvre abondante, parfois difficile à trouver. Pour cette raison, la méthode trop souvent pratiquée est le *strip-picking*. Il consiste à tirer toutes les cerises présentes sur le rameau quelle que soit leur maturité : les cerises vertes immatures, les cerises jaunes, les cerises rouges bien mûres et les cerises brunes, trop mûres. Le café vert obtenu à partir

d'une telle récolte est hétérogène et sa li-
queur est très dure.

On définit le nombre de défauts physiques par une fonction linéaire croissante du pourcentage de fèves immatures (encadré p. 9). Par exemple, une teneur de 15 % en cerises vertes dans la récolte correspond à 120 défauts dans l'échantillon de café marchand et se ressent sur la qualité de la boisson. Ce seuil de 15 % ne doit pas être dépassé.

La présence de grains noirs après séchage (qui développent des boissons dures, amères et ligneuses) est en grande partie imputable à la qualité de la récolte :

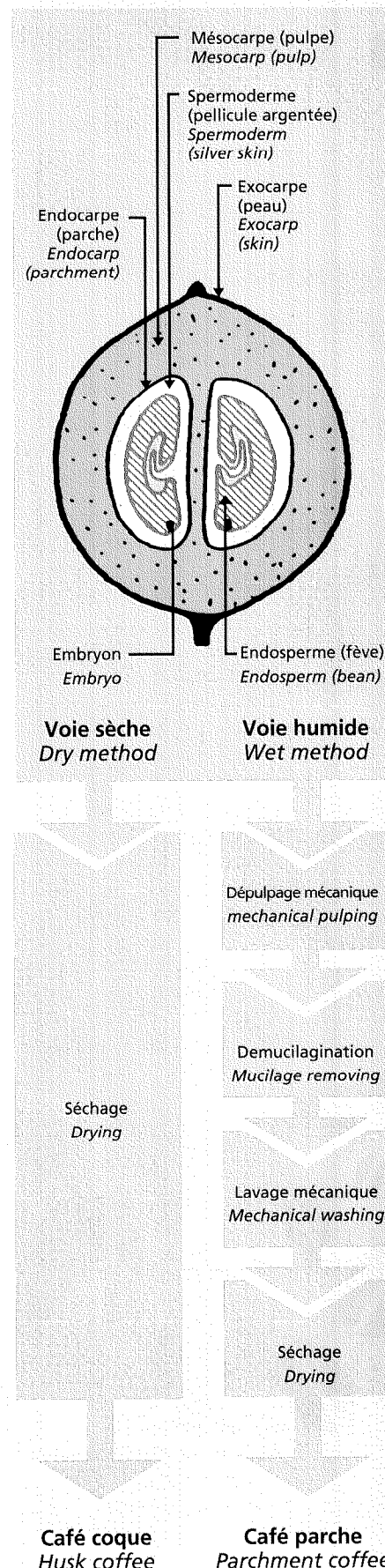
- les cerises vertes, immatures, sèchent plus difficilement ;
- les cerises tombées au sol peuvent avoir subi des reprises d'humidité ;
- les cerises qui ont déjà partiellement séché sur l'arbre ont pu être remouillées ;

Par ailleurs, si les cerises sont récoltées trop mûres, elles confèrent à la boisson des goûts fruités désagréables. Enfin, indépendamment de la récolte, si le séchage est trop court, si les cerises sont en couches trop épaisses ou si elles n'ont pas été couvertes la nuit et par temps de pluie, le taux de fèves noires sera important.

En 1988, Tchana et Guyot ont montré les implications de la qualité de la récolte sur les rendements et la qualité du café. Au cours de quatre passages, espacés chacun de trois semaines, quatre catégories de cerises ont été ramassées : vertes, jaunes, rouges et brunes (tableau).

Pour chaque catégorie, les rendements, les caractéristiques physiques et technologiques, la composition chimique et les critères organoleptiques des cafés ont été analysés. Les résultats, indiqués schématiquement font apparaître la nécessité de ne récolter que des cerises rouges pour s'assurer d'une récolte de qualité.

Notons que le stockage prolongé des cerises fraîches, après la récolte, peut donner des grains defectueux d'aspect cirieux (*foxy*). Ces grains peuvent être à l'origine de goûts de fermentation, voire



Les (mauvais) goûts du café / (Bad) coffee tastes

Français		English		Español
Acide	goût acidulé	Acid	acidulous taste	Acido
Acre	piquant, acidité désagréable	Pungent/acid	sharp, unpleasant acidity	Picante
Aigre	acidité désagréable, comme du lait tourné	Tart	unpleasant acidity, like sour milk	Agridulce
Alcoolique	goût de queue de distillation	Alcoholic	taste of distillation tailings	Alcoholico
Amer	sensation au fond de la cavité bucale	Bitter	sensation in the back of the throat	Amargo
Astringent	comme un fruit immature	Astringent	like an unripe fruit	Astringente
Brûlé	goût de brûlé	Burned	burnt taste	Quemado
Corps	durée de la sensation en bouche	Body	duration of sensation in the mouth	Cuerpo
Dur	amer + astringent + vert ; contraire de moelleux	Harsh	bitter + astringent + green, opposite to soft	Duro, Aspero
Fermenté	goût de fruit pourri, proche de alcoolique	Fermented	taste of rotten fruit, similar to alcoholic	Fermentado
Fétide	nauséabond	Rank	nauseating	Fétido
Fruité	goût de fruit, parfois désagréable et inopportun	Fruity	taste of fruit, sometimes unpleasant and inappropriate	Afrutado
Havane	de couleur brun clair	Foxy	light-brown coloured	Color de café
Herbeux	goût d'herbe coupée	Grassy	taste of mown grass	Grasoso
Ligneux	goût de bois	Woody	taste of wood	Sabor a madera
Moisi	goût de moisi, odeur de cave	Mouldy	mouldy taste, musty odour	Sabor a moho
Patate	goût de pomme de terre crue	Potato taste	taste of raw potato	Sabor a papa
Puant	nauséabond, écœurant	Stinker	nauseating, sickening	Maloliente
Rance	goût de beurre rance, de vieille huile oxydée	Rancid	taste of rancid butter, old oxidized oil	Rancio
Rhumé	goût de queue de distillation de rhum	Rummy	taste of rum distillation tailings	Sabor a ron
Sûr	acidité désagréable et goût "vert"	Sour	unpleasant acidity and "green" taste	Agrio
Terreux	goût de terre	Earthy	soil taste	Sabor a tierra
Vert	goût d'infusion d'herbes	Green	taste of herbal tea	Verde

puants, dûs à la présence d'esters et de cétones.

S'il est effectué manuellement, ce tri a un coût élevé, à cause des soins qu'il demande. Des essais de récolte mécanique ont été entrepris, en particulier au Brésil et plus récemment en Australie, qui démarre une caféiculture fondée sur une mécanisation maximum.

La préparation primaire du café

Deux modes de préparation conduisent à deux types commerciaux de cafés verts :

- Les cafés "lavés", provenant de la voie humide, concernent la majorité des Arabica et quelques très rares Robusta.
- Les cafés "nature", traités par voie sèche, sont pour la plupart des Robusta et les Arabica du Brésil.

Le fruit

Le fruit du caféier, appelé cerise, est une drupe qui pousse en grappes serrées sur les branches de l'arbre. La teneur en eau de la cerise fraîche est de l'ordre de 70 %. Le but du traitement post-récolte primaire est d'abaisser cette teneur en eau à un niveau qui permet la bonne conservation des graines, soit environ 12 %.

La quantité de pulpe présente autour des graines détermine généralement le choix de la préparation primaire du café : voie humide ou voie sèche.

Si la pulpe, gorgée d'eau, est abondante, elle rend le séchage direct diffi-

Les caractéristiques organoleptiques du café

Malgré les progrès réalisés par la chimie analytique dans le domaine des arômes, la dégustation reste le plus sûr moyen d'apprécier la qualité du café à la tasse.

On distingue :

- les caractéristiques fondamentales : amertume, astringence, acidité, corps,
- d'éventuels goûts indésirables,
- l'appréciation synthétique du dégustateur.

La définition d'un bon café est difficile à établir. Ainsi en Europe :

- les consommateurs français recherchent un café qui a du corps, avec un arôme marqué ;
- en Allemagne, le café est apprécié léger et aromatique ;
- les cafés plus forts et plus corsés, très aromatiques sont les plus prisés en Italie.

Une acidité légère et plaisante est généralement bien appréciée et il est nécessaire que les saveurs principales soient bien équilibrées.

cile. Il faut donc d'abord la retirer, en utilisant la voie humide. C'est le cas pour la plupart des Arabica.

Les Robusta possèdent peu de pulpe et peuvent être traités directement par voie sèche.

La voie humide

Le traitement par voie humide consiste à éliminer d'abord l'exocarpe et une partie du mucilage par des moyens mécaniques puis, après dégradation totale du mucilage, à sécher le grain entouré de sa seule parche.

Cette méthode nécessite des installations, du matériel, d'énormes quantités d'eau, et des intrants de fonctionnement. Des études sont actuellement menées pour réduire la consommation d'eau, et les effluents qu'elle engendre. En revanche, elle induit les avantages suivants :

- un temps de séchage plus court, donc des surfaces de séchage moins importantes :

- un bel aspect des grains ;
- un café au goût plus fin.

L'usage de la voie humide contraint le producteur à ne cueillir que les cerises mûres, car les cerises immatures ne se dépulpent pas, ou très mal. La flottation, qui précède généralement le dépulpage, permet aussi d'éliminer de nombreuses cerises défectueuses.

Après la récolte, les cerises subissent un dépulpage mécanique, dans des appareils à disques ou à tambour, qui élimine la peau et la majeure partie de la pulpe. Le triage du café au cours du dépulpage et un deuxième passage des cerises non dépulpees sont nécessaires.

La démucilagination se fait en général par voie microbienne (fermentation), enzymatique, ou chimique (avec des composés basiques). On apprécie la fin de cette étape quand le café ne glisse plus entre les doigts : au contraire, il "crisse" quand on le presse dans la main. Cette opération peut durer de 12 heures à trois jours, selon les conditions climatiques, et sur-

tout selon la température. La démulcification peut également être réalisée par action mécanique, ce qui donne un excellent résultat, mais entraîne des consommations d'eau et d'énergie élevées. L'immersion du café sous eau diminue l'amertume et l'astringence du produit final et augmente son acidité.

Le lavage, réalisé à la main, aux pieds ou mécaniquement, suivant les quantités à traiter, sépare l'eau chargée en pulpe du café parche humide. En fin d'opération, le café parche humide a une teneur en eau d'environ 55 %. Enfin le séchage conduit au café parche sec (12 % d'eau). Il se pratique comme pour la voie sèche, qui sera abordée plus loin.

Précautions

La pratique de la voie humide nécessite un très grand soin, car des goûts très désagréables peuvent découler de certains incidents de préparation :

- le stockage prolongé des cerises avant dépulpage conduit au goût puant. Il ne doit pas s'écouler plus de 10 heures entre la récolte et le traitement. Un stockage sous eau ne dépassant pas 24 heures peut être exceptionnellement utilisé si un incident survient, mais il risque de provoquer la turgescence

des cellules de la cerise et la rendre difficile à dépulper ;

- un dépulpeur mal réglé blesse les parches, ce qui favorise les attaques et les contaminations microbiennes ;
- le mauvais nettoyage du dépulpeur entraîne également des contaminations et l'apparition de mauvais goûts ;
- une fermentation et un lavage insuffisants favorisent les actions microbiennes incontrôlées dans les résidus de pulpe, qui donnent des fèves alcooliques et puantes ;
- une durée de fermentation excessive entraîne des goûts surs, fermentés, puants ;
- les mêmes défauts sont provoqués par l'utilisation d'une eau impropre à la préparation (pH bas, riche en matières organiques, teneur en Fe^{+++} (ferrique) supérieure à 5 mg/l).

La voie sèche

Lors du traitement par voie sèche, toute la cerise est mise directement à sécher immédiatement après sa récolte. L'ensemble des enveloppes se déshydrate et forme la coque, qui est ensuite éliminée mécaniquement lors du décortiquage.

Dans la plupart des cas, les cerises récoltées (teneur en eau 70 %) sont soumises à un séchage solaire, en couche peu épaisses (3 à 4 cm d'épaisseur), remuées 4 fois par jour et protégées des reprises d'humidité de la nuit ou en cas de pluie. Le café peut être placé sur des claies de séchage surélevées, fixes ou mobiles, sur des aires cimentées ou sur des bâches en plastique. Dans ces deux derniers cas, il est préférable de commencer par un séchage sur claies pendant 2 ou 3 jours. Dans tous les cas, le séchage à même le sol ou sur des aires en terre battue est à proscrire.

Le café est sec quand sa teneur en eau est de 12 % : le café coque "sonne" dans son enveloppe quand on le secoue.

Si on suit scrupuleusement ces simples précautions, l'obtention d'un beau café "voie sèche" est garantie. Dans les plantations importantes, ou si les conditions climatiques ne sont pas favorables, on peut avoir recours au séchage artificiel ou mixte (préséchage solaire suivi d'un séchage artificiel de finition). Le séchage artificiel est une opération délicate. L'utilisation de hautes températures durant la phase humide du séchage peut entraîner la dégradation du goût. En effet, comme la majorité des calories est utilisée pour évaporer de l'eau, la température du grain ne s'élève que légèrement et devient dès lors idéale pour permettre les réactions enzymatiques qui peuvent donner des fèves puantes.

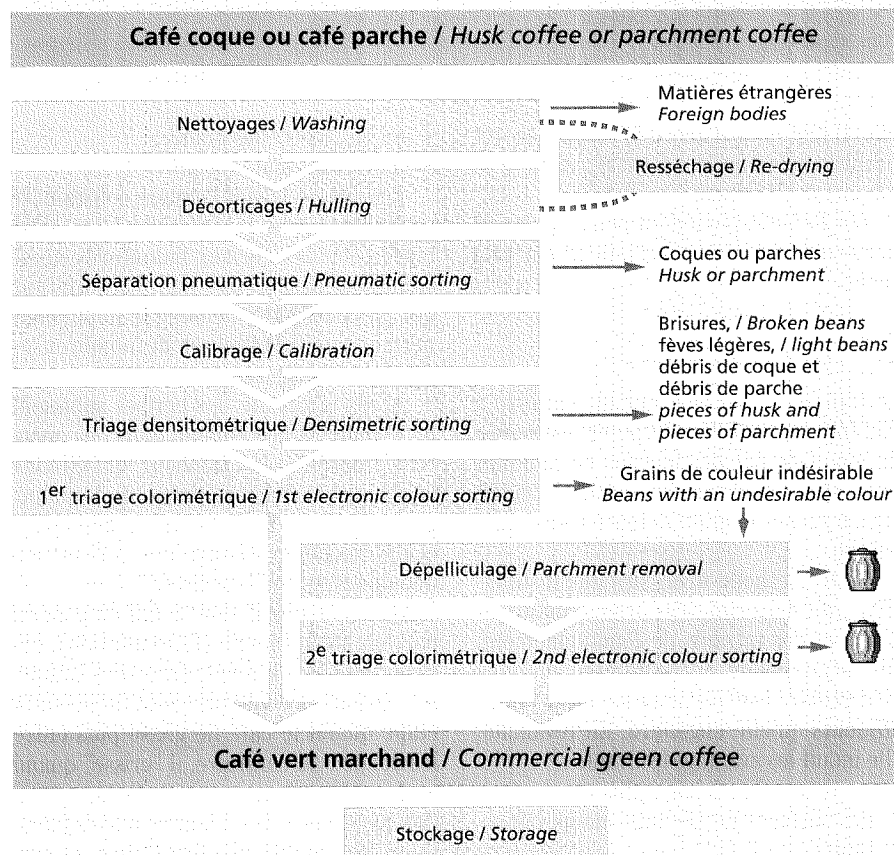
Le séchage mixte (préséchage solaire suivi d'un séchage artificiel de finition) permet d'éviter les accidents possibles au cours de la phase humide de séchage. Quand à l'utilisation de basses températures, elle est peu compatible avec de bons rendements thermodynamiques. Cependant la combustion de sous-produits (parches et coques) pourrait contribuer à résoudre ce problème.

Précautions

Le séchage constitue une étape importante et délicate dans la préparation du café. Il contribue fortement à la qualité finale du produit et peut s'avérer préjudiciable à la qualité si il est mal conduit.

Le café mis à sécher dans de mauvaises conditions (couche trop épaisse, homogénéisation insuffisante, reprises d'humidité) peut subir une dépréciation de la qualité :

- goûts désagréables causés par des moisissures ou des bactéries qui pro-



duisent des molécules à l'origine de goûts terreux (méthyl-2-isobornéol) ;

- noircissement des fèves (surtout les immatures) qui donnent des liqueurs dures et sûres.

L'usinage du café

Le café coque et le café parche sont ensuite soumis à l'usinage, qui conduit au café vert marchand. Lorsque le café arrive à ce stade, toutes ses qualités intrinsèques sont déjà acquises. Les différents triages auxquels il sera soumis ne peu-

vent que diminuer son pourcentage de défauts.

Décortiquage-déparchage

Après nettoyage et épierrage, le café est libéré de ses enveloppes au cours du décortiquage (café coque) ou du déparchage (café parche).

Il est important d'éviter l'échauffement du grain au cours du décortiquage (ou du déparchage) car la teinte du café devient terne et son goût est modifié. Il est également souhaitable de disposer d'appareils bien réglés pour éviter les brisures ou le café nondécortiqué.

Parallèlement aux appareils de type "Engelberg", "Okrassa" ou "Smout", que l'on trouve surtout chez les petits planteurs, il existe des décortiqueurs constitués de palettes rotatives qui obligent le café entouré de son enveloppe à passer au travers d'une poitrinière perforée, d'une grille ou d'une cage à barreaux calibrés où l'enveloppe se brise. Ces systèmes ont permis d'augmenter fortement le débit horaire en abaissant les taux de brisures et de café non décortiqué, tout en évitant l'échauffement du produit. Actuellement, de tels appareils existent pour des capacités allant de 400 kg à 7 tonnes de café coque à l'heure.

Le café vert obtenu est ensuite soumis aux triages granulométrique, densimétrique et colorimétrique.

Triage granulométrique

Il est intéressant d'assurer d'abord un classement granulométrique pour plusieurs raisons :

- la torréfaction doit être faite sur des grains de même taille, sinon les plus petits seraient brûlés et les plus gros seraient sous-torréfiés,
- les triages suivants seront facilités,
- un meilleur prix est offert pour les gros grains,
- enfin les défauts sont concentrés dans les grades inférieurs.

Deux types de calibreurs existent sur le marché : calibreurs à tamis plans, dont les trous vont en diminuant vers le bas ou calibreurs à tambour rotatif, dont les trous vont en grossissant vers la sortie.

Triage densimétrique (ou pneumatique)

Le triage densimétrique, permet d'éliminer les fèves les plus légères (piquées, malformées, spongieuses, avortées, etc), les brisures, les morceaux d'enveloppe, les grains non-décortiqués, les pierres

etc. Cette opération est pratiquée à l'aide de catadors ou, mieux, de tables densimétriques.

Triage colorimétrique

Ce dernier triage permet de séparer les grains qui ont une couleur indésirable, tels que les fèves noires, blanches ou brunes.

Le triage manuel, fastidieux et exigeant en main d'œuvre est, de plus en plus, remplacé par le triage électronique qui utilise des cellules photo-électriques. Les investissements nécessaires à sa mise en place sont cependant élevés (à titre indicatif, une trieuse colorimétrique bichromatique à deux canaux coûte environ US\$ 25 000). C'est pourquoi il est préférable d'éliminer le maximum de défauts par des moyens mécaniques et pneumatiques avant de procéder à cette phase ultime.

Les trieuses électroniques sont capables d'éliminer :

- les grains noirs, qui donnent des goûts amer, malpropre et âcre ;
- les grains roux au goût rhumé, sur, désagréablement fruité ;
- les grains blanchis au goût plat, ligneux, parfois sur et herbeux.

Le goût "puant", quand à lui, provient de composés chimiques qui réagissent en lumière ultra-violette. Ainsi, des trieuses colorimétriques fonctionnant en lumière UV ont été récemment développées et permettent d'éliminer les fèves puantes. Il est nécessaire toutefois d'effectuer ce triage aussi tôt que possible après le décortiquage pour limiter l'oxydation des composés chimiques et rendre cette technique plus efficace.

Le stockage

Entre la fin de l'usinage et l'exportation, le café peut être stocké plus ou moins longtemps.

Pour garantir une bonne conservation, il est nécessaire de stocker un café bien sec, avec une teneur en eau de 12 %. Dans le cas d'une teneur en eau plus élevée, des attaques d'insectes, des contaminations par des moisissures, des levures ou des bactéries peuvent avoir lieu, conduisant à des infestations et à des goûts indésirables. De plus, le café entreposé trop humide a tendance à acquérir une couleur blanchâtre préjudiciable à son aspect et à sa qualité. Cette teinte est due à la formation de complexes entre des chlorogéno-quinones (dérivées des

■ Les normes du café vert marchand

Le grade

Il y a 5 grades, fixés par la taille des grains :

Grade 0	grains retenus par le crible N° 18 (trous de 7 mm).
Grade I	grains traversant le crible N° 18 et retenus par le crible N° 16 (trous de 6,3 mm)
Grade II	grains traversant le crible N° 16 et retenus par le crible N° 14 (trous de 5,5 mm)
Grade III	grains traversant le crible N° 14 et retenus par le crible N° 12 (trous de 4,7 mm)
Grade IV	grains traversant le crible N° 12 et retenus par le crible N° 10 (trous de 4 mm)

La catégorie

Elle dépend du nombre de défauts du café vert présents dans un échantillon de 300 grammes.

Le nombre de défauts est calculé en multipliant le nombre de chaque caractère défectueux, trouvé dans l'échantillon, par son coefficient pénalisant :

Caractère défectueux	Coefficient
Fève avariée sèche	2
Fève piquée	1/10
Cerise	1
Gros bois (> 3 cm)	2
Fève noire	1
Bois moyen (~ 1 cm)	1
Fève demi-noire	1/2
Petit bois (< 1/2 cm)	1/3
Fève en parche	1/2
Grosse peau (coque)	1
Brisure	1/5
Petite peau (parche)	1/3
Coquille (fève mal formée)	1/5
Fève indésirable (immature, avortée, plate, moisie, sûre, sèche, spongieuse)	1/5
Pierres 1,5 g Maxi par échantillon	

Dans chaque pays producteur, les différentes catégories sont définies par un nombre de défauts limite. Par exemple

Catégorie Extra prima	moins de 15 défauts
Catégorie Prima	de 15 à 30 défauts
Catégorie Supérieure	de 30 à 60 défauts
Catégorie Courante :	de 60 à 120 défauts

En aucun cas le nombre de défauts ne peut être supérieur à 120, pour un échantillon de 300 grammes.

Bibliographie / References

- BAREL M., CHALLOT F., VINCENT J.-C. (1976) Contribution à l'étude des fèves de café défectueuses. *Café Cacao Thé XX* (2):129-134.
- CLIFFORD M. N. (1985) Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In *Coffee, botany, biochemistry and production of beans and beverage*. Clifford M.N., Willson K.C. eds, Croom Helm, p.305-374.
- COCHARD B. (1989) *Caractérisation, quantification et étude de la formation des composés soufrés de l'arôme du café torréfié*. Mémoire d'ingénieur. INSA (Rouen), 54 p.
- GUYOT B., CROS E., VINCENT J.-C. (1982) Caractérisation et identification des composés de la fraction volatile d'un café vert Arabica sain et d'un café vert Arabica puant. *Café Cacao Thé XXVI* (4):279-288.
- GUYOT B., PETNGA E., VINCENT J.-C. (1988) Analyse qualitative d'un café *Coffea canephora* var. Robusta en fonction de la maturité - Partie 1 Evolution des caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques. *Café Cacao Thé XXXII* (2): 127-140.
- GUYOT B., TOBAR M., VINCENT J.-C. (1988) Essai de détermination de la couleur verte du café en système modèle. In : *12^{ème} colloque scientifique international sur le café*, Montreux, 29 juin 3 juillet 1987. ASIC (Paris), p.702-717.
- JACQUET M. (1989) Préparation et qualité du café dans les principaux pays producteurs. *APROMA* (14) 18-27.
- PETNGA E. (1986) *Application de l'analyse multidimensionnelle à la classification qualitative du café Robusta en fonction de la maturité*. Thèse de 3^{ème} cycle. Université des sciences et techniques du Languedoc (Montpellier), 141p.
- TOBAR M. (1986) *Contribution à l'étude du mécanisme du blanchiment du café vert Arabica*. Thèse de 3^{ème} cycle. Université des sciences et techniques du Languedoc (Montpellier), 140 p.
- TRESSL R. (1989) Formation of flavor components in roasted coffee. In *Thermal generation of aromas*. American Chemical Society (Washington), p. 285-301.
- VIANI R. (1988) Physiologically active substances in coffee. In *Coffee, 3 Physiology*, R.J. Clarke and R. Macrae Ed., Elsevier Applied Sciences (London), p.1-31.
- VINCENT J.-C. (1968) Influence de la maturité des fruits sur la qualité du café Robusta. *Café Cacao Thé XII* (3) 240-249.

acides chlorogéniques) et des acides aminés. Dans ce cas, ces derniers se trouvent bloqués et ne peuvent plus intervenir dans les réactions de formation de l'arôme, donnant ainsi des cafés plats, pauvres en arôme.

Enfin les reprises d'humidité peuvent faire gonfler les grains, provoquer l'éclatement des sacs et poser des problèmes commerciaux de calibrage.

Pour éviter les variations de température, il est nécessaire de disposer de stocks assez volumineux, qui constituent un volant de masse thermique, et de ne ventiler les locaux que de façon modérée. Notons enfin l'importance croissante que prend le stockage du café vert en vrac, par rapport au stockage en sacs.

Conclusions et recommandations

Si les origines génétique et géographique d'un café lui confèrent des caractères physiques, chimiques et organoleptiques spécifiques, les soins apportés à sa préparation et à son usinage jouent également un rôle déterminant sur ses caractéristiques finales.

La qualité de la cueillette influe très nettement sur la qualité à la tasse : il faut s'efforcer de ne récolter que des fruits rouges et les traiter aussitôt que possible, dans les dix heures qui suivent la récolte.

Les auteurs remercient particulièrement Bernard Guyot, chercheur au CIRAD-CP, pour les utiles précisions qu'il leur a apportées.

La voie sèche conduit à une boisson assez dure et amère, la voie humide donne un café de plus belle présentation avec une boisson moins âpre et moins amère, d'acidité agréable, mais elle requiert beaucoup plus de soins et de technicité.

En tout état de cause, il vaut mieux un café soigneusement traité par voie sèche (couche mince, brassages, pas de réhumidification), qu'une voie humide mal conduite, qui entraîne des défauts très importants (fèves puantes, alcooliques, sures etc).

A l'entrée de l'usine de décorticage et de triage, le café a déjà acquis ses caractéristiques intrinsèques essentielles. Cependant les différentes opérations de triage permettront de valoriser sa qualité globale en diminuant le nombre de défauts.

Parmi les postes les plus importants pour les coûts d'exploitation, la récolte vient en première position, suivie du séchage, s'il est fait au soleil, et du triage colorimétrique, s'il est fait à la main. C'est pourquoi la recherche étudie activement les possibilités de mécanisation de ces étapes.

Coffee quality its causes, appreciation and improvement

Barel M., Jacquet M.

CIRAD-CP, Chemistry-Technology, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1. France

Producing quality commercial coffee is no easy matter: formation of the physical, chemical and, in particular, organoleptic characters of the beans involves around fifteen different parameters at each stage of production. Plantations has analyzed these parameters and offers some technical advice for more effective control.

This article is intended for those in the coffee sector who wish to market a quality product. We mention the genetic and soil factors merely for the record, provided neither the variety chosen nor the soil are at fault, but our main concern here is the production of as good a coffee as possible from the plantation available.

Factors involved in coffee quality

Organoleptic qualities depend on the variety and the soil, but effective control of all stages of production will enhance them.

Genetic origin

The two most widely cultivated species are: Arabica, with a dozen different varieties, and Canephora, primarily with the Robusta variety. Arabica has fine organoleptic characteristics, it is fragrant, pleasantly acid and with usually only slight body. Robusta is full-bodied, less fragrant

Despite the progress made in analytical chemistry on aromas, tasting remains the surest way of assessing the cup quality of a coffee.

A distinction is made between:

- basic characteristics: bitterness, astringency, acidity, body,
- any undesirable tastes,
- the overall appraisal of the taster.

The definition of a good coffee is difficult to establish. For example, in Europe:

- French consumers look for a coffee with body and a marked aroma,
- in Germany, light fragrant coffee is appreciated,
- in Italy stronger, very fragrant coffees with more body are the most sought after.

Slight, pleasant acidity is generally well appreciated and the main flavours have to be well-balanced.

with low acidity. It is also more harsh and bitter. Its caffeine content (2.5%) is higher than that of Arabica (1.5%).

Soil effect

General growing conditions play a role in the biosynthesis of aroma precursors. For example, it is known that the intensity of organoleptic characteristics is greater the more slowly the coffee ripens. This phenomenon seems to lie behind the fineness and acidity of high altitude coffees.

Sunshine, rainfall and soil type modify the amount of organic and mineral constituents. These many parameters are difficult to control, but knowledge of them can be used to forecast the potential qualities of a coffee.

Insect and fungus attacks

Attacks by berry borers (*Stephanoderes hampei*), bugs (*Antestia*) etc.) weaken the bean, reduce cherry density and can result in insect damaged beans with an unpleasant taste (particularly noticeable with the Kouillou canephora varieties). Certain insects including the fly (*Ceratitis coffeae*) would appear to introduce bacteria into the beans that cause a potato taste, which can be detected in certain Arabicas from Burundi, Kenya, Rwanda and Tanzania. The molecule responsible for this taste has been identified as 2-methoxy-3-isopropyl-pyrazine.

Coffee berry disease causes fruits to dry out, leading to damaged and dry beans found in green coffee.

Effect of pesticides and fertilizers

Some pesticides can transmit unpleasant tastes and odours, such as technical HCH, whose a isomer gives a marked mouldy taste.

Excess potassium fertilizer can lead to harder beverages. This problem is encountered in Kenya, where mulching is widely practised, through the excessive introduction of potassium-rich *Pennisetum purpureum*. Too much nitrogen fertilizer increases the caffeine content of beans, leading to a more bitter beverage.

Harvest quality

Harvesting is an essential stage in coffee quality.

In the great majority of producer countries, coffee is hand-picked. To ensure a good quality

coffee, the cherries should be picked one by one, ensuring only ripe cherries are harvested. However, this requires a large work force which is often difficult to find, so *strip-picking* is too often carried out. This consists in stripping off all the cherries on a branch irrespective of ripe-

Grade

There are 5 grades determined by bean size:

- Grade 0 : beans held back by screen No. 18 (7 mm holes)
- Grade I : beans passing through screen No. 18 and held back by screen No. 16 (6.3 mm holes)
- Grade II : beans passing through screen No. 16 and held back by screen No. 14 (5.5 mm holes)
- Grade III : beans passing through screen No. 14 and held back by screen No. 12 (4.7 mm holes)
- Grade IV : beans passing through screen No. 12 and held back by screen No. 10 (4 mm holes)

Category

This depends on the number of defects in a 300 g sample of green coffee.

The number of defects is calculated by multiplying the number of each defective character found in the sample by its penalty coefficient.

Defect	Coefficient
Dry damaged bean	2
Insect attacked bean	1/10
Cherry	1
Large piece of wood (> 3 cm)	2
Black bean	1
Medium sized piece of wood (≈ 1 cm)	1
Semi-black bean	1/2
Small piece of wood (< 1/2 cm)	1/3
Parchment bean	1/2
Thick skin (shell)	1
Broken bean	1/5
Thin skin (parchment)	1/3
Misshapen bean	1/5
Undesirable bean (unripe, quaker, flat, mouldy, sour, dry, spongy, etc.)	1/5
Stones 1.5 g max. per sample	

The different categories are defined by a maximum number of defects. For example:

Extra prime category: less than 15 defects	
Prime category:	15 to 30 defects
Superior category:	30 to 60 defects
Regular category:	60 to 120 defects
Under no circumstances should the total number of defects exceed 120 for a 300 g sample.	

ness: unripe green cherries, yellow cherries, ripe red cherries and overripe brown cherries. The green coffee obtained by such harvesting is heterogeneous and its liquor is very hard.

The number of physical defects is defined by an increasing linear function of the percentage of unripe beans (see box). For example, 15% green cherries in the harvest corresponds to 120 defects in the commercial coffee sample and is reflected in beverage quality. This 15% threshold should not be exceeded.

The existence of black beans after drying (which give hard, bitter and woody beverages) is largely attributable to harvesting quality:

- green, unripe cherries are more difficult to dry,
- cherries fallen to the ground may have taken up more moisture,
- cherries partially dried on the tree may have been rehydrated.

If the cherries picked are too ripe, they give unpleasant, fruity flavours to the beverage. Finally, irrespective of the harvest, if drying is too short, the layers of cherries are too thick or they have not been covered overnight or in wet weather, there will be a substantial proportion of black beans.

In 1988, Tchana and Guyot showed the effects of harvest quality on coffee yields and quality. During four harvesting rounds three weeks apart, four categories of cherries were collected: green, yellow, red and brown.

The yields, physical and technological characteristics, chemical composition and organoleptic criteria of the coffees were analyzed for each category. The results, in table I, show that for a good quality harvest only red cherries should be picked.

It is worth noting that storing fresh cherries for long periods after picking can lead to foxy beans, which may give a fermentation or stinker taste, due to the presence of esters and ketones.

If cherries are harvested by hand, manpower is expensive due to the care that has to be taken. Mechanical harvesting trials have been conducted, mostly in Brazil and more recently in Australia, which is embarking upon coffee cultivation with maximum mechanization.

Primary coffee preparation

Two preparation methods lead to two types of commercial green coffee:

- "Washed" coffees by the wet process, mostly involving Arabicas and very few Robustas.
- "Unwashed" coffees by the dry process, mostly involving Brazilian Arabicas and Robustas.

The fruit

The coffee fruit (figure 1) called a cherry, is a drupe which grows in tight clusters on the branches of the tree. A fresh cherry contains around 70% water. The purpose of primary post-

harvest processing is to reduce the water content to around 12%, after which the beans keep well.

The amount of pulp around the beans usually determines the primary preparation method: wet process or dry process.

The pulp has a high water content. If it is thick it will make direct drying difficult. It therefore has to be removed, using the wet process. This is the case for most Arabicas. Robustas have a thin pulp and can be processed directly by the dry process.

Wet process

The wet process consists in removing the outer skin and part of the mucilage by mechanical pulping then, after total mucilage removal, drying of the bean in its parchment alone.

This process requires installations, equipment, enormous amounts of water and operating inputs. Studies are under way to reduce water consumption and the resulting effluents.

On the other hand, it offers the following advantages:

- shorter drying time, hence smaller drying areas,
- fine-looking beans,
- coffee with a finer taste.

If the wet process is used, producers must only pick ripe cherries, as unripe cherry pulping is either impossible or unsatisfactory. Flotation, which generally precedes pulping, also eliminates many unsuitable cherries.

After harvesting, the pulp is removed from the cherries in mechanical disk or drum pulpers, eliminating the skin and most of the pulp. The coffee has to be sorted during pulping and any unpulped cherries passed through a second time.

Mucilage removal is usually microbial (fermentation), enzymatic, or chemical (with alkaline compounds). This stage is judged to be complete when the beans no longer slide through the fingers, in fact they «grate» when pressed in the hand. This operation can last from 12 hours to three days, depending on climatic conditions, especially temperature. The mucilage can also be removed mechanically, which gives excellent results but is water and energy intensive. Submerging coffee in water reduces bitterness and astringency in the end product whilst increasing acidity.

Washing is carried out by hand, by treading, or mechanically, depending on quantities. It separates the pulp-laden water from the wet parchment coffee. At the end of the operation, the wet parchment coffee has a water content of around 55%. Drying results in dry parchment coffee with a 12% water content and is carried out as for the dry method described below.

Precautions

The wet process requires considerable care, as very unpleasant flavours can be caused by certain preparation errors:

- prolonged cherry storage prior to pulping results in a stinker taste. Cherries should be processed no more than 10 hours after harvesting. Exceptionally, if there is a problem, cherries can be kept in water but for no more than 24 hours. However, this may cause the cherry cells to swell making pulping difficult,
- a poorly regulated pulper damages the parchment, facilitating microbial attack and contamination,
- poor pulper cleaning also results in contamination and the appearance of unpleasant tastes,
- inadequate fermentation and washing favour uncontrolled microbial action in the pulp residues, leading to alcoholic stinkers,
- excessive fermentation causes sour, fermented, stinker tastes,
- the same defects are caused by using unsuitable water for preparation (low pH, rich in organic matter, Fe^{+++} (ferric) content higher than 5 mg/l).

Dry process

In the dry process, the entire cherry is dried directly, immediately after harvest. The outer envelopes dry out to form the husk, which is then removed mechanically during hulling. In most cases, the harvested cherries (70% water content) are subjected to sun drying, in thin layers (3 to 4 cm thick), stirred 4 times a day and protected from rehydration at night or by rain. The coffee may be placed on fixed or movable raised drying trays, on a cemented area, or on plastic tarpaulins. In the latter two cases, it is preferable to begin by drying on trays for 2 or 3 days. Drying directly on the ground or beaten earth should be avoided.

Coffee is dry once its water content reaches 12%: husk coffee «rattles» in its shell when shaken.

If these simple precautions are followed to the letter, fine «dry process» coffee is guaranteed. In large plantations, or if climatic conditions are unfavourable, artificial drying or mixed drying (pre-drying in the sun then artificial drying to finish) may be required. Artificial drying is a tricky operation. The use of high temperatures during the humid phase of drying can lead to taste deterioration. In fact, as most of the calories are used to evaporate water, the bean temperature only rises slightly, providing ideal conditions for enzymatic reactions that can lead to stinker beans.

Mixed drying (pre-drying in the sun then artificial drying to finish) removes the problems that might occur during the humid phase of drying. Using low temperatures is not very compatible with good thermodynamic yield, but by-product combustion (parchment and husks) could help to solve this problem.

Precautions

Drying is an important and tricky stage in coffee preparation. It contributes considerably to end product quality and can prove detrimental to quality if not carried out correctly.

Coffee left to dry under poor conditions (layers too thick, inadequate homogenization, rehydration) can be subject to quality deterioration:

- unpleasant tastes caused by moulds or bacteria that produce molecules causing earthy tastes (2-methyl isoborneol),
- black beans (especially unripe ones), which give hard, sour liquors.

Coffee processing

Husk coffee and parchment coffee are then processed, to give commercial green coffee. When the coffee reaches this stage, all its intrinsic qualities have already been acquired. The different sorting operations to which it is subjected can only reduce its percentage of defects.

Hulling

After cleaning and stone removal, the coffee is hulled (husk or parchment removal).

It is important not to heat the beans during hulling or they lose their shine and the taste is modified. It is also advisable to use correctly regulated machinery to prevent breakage or unhulled coffee.

Alongside «Engelberg», «Okrassa» or «Smout» equipment, mostly found on smallholdings, there are also hullers that consist of rotary vanes which force the coffee in its hull through a perforated breast beam, a grid or a cage with calibrated bar spacings, where the hull is broken. These systems have led to a substantial increase in hourly throughput by lowering the rate of broken or unhulled coffee and avoiding product heating. Such equipment currently exists for capacities ranging from 400 kg to 7 tonnes of husk coffee per hour.

The green coffee obtained is then sorted according to size, density and colour.

Bean size sorting

It is worth determining a bean size classification first of all, for several reasons:

- roasting should be carried out with beans of the same size, otherwise the smallest are burned while the larger beans are insufficiently roasted,
- subsequent sorting operations are simplified,
- a higher price is paid for large beans,
- finally, defects are concentrated in inferior grades, hence superior grades which are more lucrative are valorized.

Two types of calibrators exist on the market: flat screen calibrators, whose holes are increasingly smaller towards the bottom, or rotary drum calibrators, whose holes increase in size towards the discharge.

Densimetric (or pneumatic) sorting

Densimetric sorting eliminates the lighter beans (insect attacked, malformed, spongy, quakers, etc.), broken beans and pieces of hull, unhulled beans and stones etc. It is carried out using catadors, or better still, vibrating tables.

Electronic colour sorting

This final sorting operation is to separate beans with an undesirable colour, such as black, white or brown beans.

Manual sorting, which is tedious and labour-intensive, is being increasingly replaced by electronic sorting using photoelectric cells, but the investment required to install it is high (e.g. a dual channel dichromatic electronic sorter costs around US\$ 25,000). It is therefore preferable to eliminate as many defects as possible either mechanically or pneumatically before moving on to this ultimate phase.

Electronic sorters are capable of eliminating:

- black beans, which give a bitter, unclean and pungent taste,
- foxy beans with a rum, sour, unpleasantly fruity taste,
- white beans with a flat, woody, sometimes sour and grassy taste.

For its part, the «stinker» taste comes from chemical compounds that react in ultraviolet light. Hence, colorimetric sorters operating with UV light have recently been developed and eliminate stinker beans. Nevertheless, this sorting has to be carried out as soon as possible after hulling, to limit oxidation of the chemical

compounds and ensure maximum effectiveness of the technique.

Storage

Coffee can be stored for different lengths of time between the end of processing and export.

To ensure satisfactory preservation, coffee should be stored dry, with a 12% water content. If the water content is higher, the coffee can be attacked by insects or contaminated by moulds, yeasts or bacteria, leading to infestation and undesirable tastes. Moreover, if coffee is stored too wet, it tends to turn white, with an adverse effect on its appearance and quality. This whitish colour is caused by the formation of complexes between chlorogenoquinones (derivatives of chlorogenic acids) and amino acids. In this case, the latter are inhibited and can no longer take part in aroma formation reactions, leading to flat, aroma deficient coffees.

Finally, any subsequent moisture uptake can cause the beans to swell, causing bags to split and leading to commercial calibration problems.

It is necessary to store in large quantities, which form a reserve heat mass and prevent temperature variations, and storage rooms should only be moderately ventilated. Finally, it is worth noting the increasing tendency to store green coffee in bulk rather than in storage bags.

Conclusions and recommendations

Whilst the genetic and geographical origins of a coffee determine its specific physical, chemical

and organoleptic characters, the care taken in its preparation and processing also plays a decisive role in its final characteristics.

Picking quality has a very clear influence on cup quality: only red fruits should be picked and processed as soon as possible, within ten hours of harvesting.

The dry process gives quite a hard and bitter beverage; the wet process gives a more attractive coffee and a less harsh, less bitter beverage with pleasant acidity, but requires much greater care and technical skill.

Be that as it may, a coffee carefully prepared by the dry process (thin drying layers, stirring, no rehydration) is better than one carelessly prepared by the wet method, which can lead to severe defects (stinker, alcoholic, sour beans, etc.).

By the time a coffee reaches the hulling and sorting unit, it has already acquired its essential intrinsic characteristics, but the different sorting operations ensure its overall quality by reducing the number of defects.

The largest operating cost is for harvesting, followed by drying, if sun-dried, and colour sorting, if by hand, which is why research is actively studying ways of mechanizing these stages.

The authors would particularly like to thank Bernard Guyot, a CIRAD-CP researcher, for the valuable information he provided.

Résumé

Les origines génétique et géographique d'un café lui confèrent des caractères physiques, chimiques et organoleptiques spécifiques. Les soins apportés à sa préparation et à son usinage jouent un rôle déterminant sur leur expression finale.

La qualité de la cueillette influe très nettement sur la qualité à la tasse : il faut s'efforcer de ne récolter que des fruits rouges et les traiter dans les dix heures qui suivent la récolte. La voie sèche conduit à une boisson assez dure et amère, la voie humide donne un café de qualité recherchée, mais requiert beaucoup plus de soins et de technicité.

Au niveau des postes les plus importants pour les coûts d'exploitation, la récolte vient en première position, suivie du séchage, s'il est fait au soleil, et du triage colorimétrique, s'il est fait à la main. C'est pourquoi la recherche étudie activement les possibilités de mécanisation de ces étapes.

Abstract

The genetic and geographical origins of a given coffee give it specific physical, chemical and organoleptic characters. The care taken in preparing and processing it plays a decisive role in the final expression of these characteristics.

Picking quality has a very marked effect on cup quality: only red fruits should be harvested and they should be processed within the following ten hours. The dry method results in a fairly harsh and bitter beverage; the wet method provides the desired quality but requires much greater care and skill.

Harvesting entails the highest operating cost, followed by drying, if carried out in the sun, and colorimetric sorting, if manual, which is why research is actively seeking ways to mechanize these stages.

Resumen

Los orígenes genético y geográfico de un café le otorgan específicos caracteres físicos, químicos y organolepticos. Los cuidados prestados para prepararlo y fabricarlo desempeñan un papel determinante en la expresión final de estas características.

La calidad de la recolecta influye muy rotundamente en la calidad de la taza: es preciso esforzarse en cosechar únicamente frutos rojos y tratarlos dentro de las diez horas que siguen la cosecha. La vía seca desemboca en una bebida bastante dura y amarga, la vía húmeda da un café de calidad solicitada, pero requiere mucho más cuidados y técnica.

Al nivel de los puestos más importantes para los costos de explotación, la cosecha llega en primera posición, seguida por el secamiento, si se realiza al sol, y de la clasificación colorimétrica, si se realiza manualmente. Es por eso que la investigación estudia activamente las posibilidades de mecanización de estas etapas.